



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 44 05 376 C 1

51 Int. Cl. 6:
G 01 S 13/04
G 01 S 13/06
G 08 B 13/181
G 01 V 8/00
// G 01 S 17/02, 17/06

21 Aktenzeichen: P 44 05 376.2-35
22 Anmeldetag: 19. 2. 94
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 2. 95

DE 44 05 376 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Leuze electronic GmbH + Co, 73277 Owen, DE

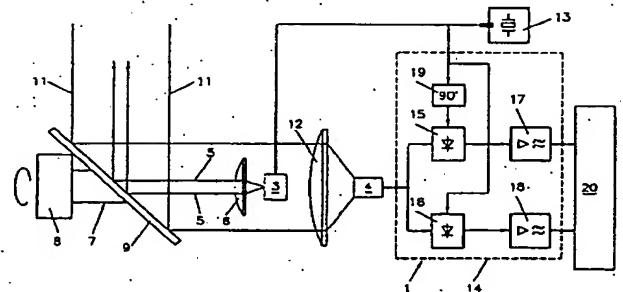
72 Erfinder:
Ruckh, Rainer, Dr.rer.nat., 73079 Süßen, DE; Argast,
Martin, 72584 Hülben, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 33 437 C2
DE 36 22 421 C2
DE 41 19 797 A1

54 Verfahren zum Erfassen von Objekten in einem Überwachungsbereich

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen von in einem zu überwachenden Bereich befindlichen oder in diesen Bereich eindringenden Objekten, wobei zur Überwachung eine Vorrichtung mit wenigstens einem Sender, wenigstens einem Empfänger und einer Auswerteeinheit eingesetzt wird. Ein vom Sender emittierter Sendestrahl quer zur Strahlrichtung des Sendestrahls ist innerhalb des Bereichs geführt. Für verschiedene Orientierungen des Sendestrahls mittels des Sendestrahls werden die Distanzen der Objekte zur Vorrichtung ermittelt werden und die Positionsmeßwerte in der Auswerteeinheit abgespeichert. Erfindungsgemäß werden zur Erfassung von eine bestimmte Kontur aufweisenden Objekten (2) die Positions-Meßwerte für das entsprechende Objekt (2) mit Sollwerten verglichen, die in der Auswerteeinheit (20) aus der Kontur des Objekts (2) bei vorgegebener Position in dem zu überwachenden Bereich (10) berechnet werden. Ein die bestimmte Kontur aufweisendes Objekt (2) gilt als erkannt, wenn eine Mindestanzahl N der Positions-Meßwerte innerhalb wenigstens eines Toleranzbandes T um die Sollwerte fällt. Die Mindestanzahl N der Positions-Meßwerte und die Dimensionierung des Toleranzbandes T wird in der Auswerteeinheit (20) abhängig von der Streuung der Positions-Meßwerte gewählt.



DE 44 05 376 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der DE 41 19 797 A1 ist eine Überwachungseinrichtung bekannt, bei der Objekte innerhalb eines zu überwachenden Bereichs berührungslos erfaßt werden. Hierzu ist der zu überwachende Bereich durch eine aus beliebigem Material bestehende Referenzfläche begrenzt. Zur Überwachung des Bereichs, des sogenannten Schutzfeldes, wird eine einen Sender, einen Empfänger und eine Auswerteeinheit aufweisende Vorrichtung eingesetzt. Zweckmäßigerweise ist die Vorrichtung als Lichttaster ausgebildet, dessen Sendelichtstrahl über eine Ablenkvorrichtung entlang des zu überwachenden Bereichs geführt wird. Mit dem Lichttaster wird die Distanz der Referenzfläche zur Vorrichtung gemessen. Der Distanzwert wird in der Auswerteeinheit mit einem Sollwert verglichen. Stimmt der Distanzwert innerhalb eines Toleranzbereichs mit dem Sollwert überein und übersteigt die am Empfänger anstehende Lichtleistung einen Mindestwert, erfolgt eine Signalabgabe "Schutzfeld frei".

Bei Eintritt eines Objektes in den zu überwachenden Bereich wird der Strahlengang zwischen der Vorrichtung und der Referenzfläche unterbrochen und in der Auswerteeinheit der Distanzwert des Objekts zur Vorrichtung registriert. Liegt der Distanzwert außerhalb des Toleranzbereichs oder unterschreitet die am Empfänger anstehende Lichtleistung den Mindestwert, so erfolgt die Signalabgabe "Schutzfeld nicht frei".

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß durch Auswertung der Distanzmeßwerte und der Signalpegel am Empfänger eine hohe Detektionssicherheit erzielt wird.

Jedoch stößt dieses Verfahren insbesondere dann an seine Grenzen, wenn Objekte sehr dicht vor der Referenzfläche angeordnet sind. In diesem Fall können aufgrund von Meßwertschwankungen die in der Vorrichtung registrierten Distanzwerte für das Objekt bzw. die Referenzfläche gleich sein oder ggf. für das Objekt sogar größer als für die Referenzfläche sein, so daß das Objekt nicht mehr erkannt werden kann.

Die Meßwertschwankungen können durch Bauteilfehler; durch Alterung der Bauteile oder dergleichen hervorgerufen werden. Dieser Effekt wird noch verstärkt, wenn das Objekt und die Referenzfläche nahezu dasselbe Reflexionsvermögen aufweisen, so daß die Empfangsamplituden nahezu identisch sind.

Aus der DE 39 33 437 C2 ist eine Rückstrahlortungsanlage mit einem Sender und einem Empfänger sowie einer Auswerteeinheit bekannt. Die Anlage tastet mit ihrem Sendempfangsstrahl einen Bereich ab und ermittelt über die Echolaufzeit für die jeweilige momentane Ortungsrichtung die Entfernung zu einem in diesem Bereich befindlichen Zielobjekt. Durch Verändern der Ortungsrichtung wird eine Folge von Entfernungsmesswerten gemäß dem Profilverlauf (Kontur) des Objekts erzeugt, die in einen Signalprozessor übernommen und dort gespeichert werden. In diesem Signalprozessor erfolgt eine Weiterverarbeitung durch nähere Analyse objektspezifischer Signalinhalte zur Zielidentifikation.

In der DE 36 22 421 ist ein Laserlichtsensor beschrieben, dessen Sendelichtstrahl mittels optischer Einrichtungen innerhalb eines Raumbereichs zur Abtastung von Werkstücken und dergleichen geführt wird. Der Sendelichtstrahl wird in eine vorprogrammierbare Anzahl von Raumrichtungen gelenkt, für die jeweils ein

vorbestimmtes, einem Objekt zugeordnetes Empfangssignal als Referenzwert abgespeichert wird. Zur Entscheidung, ob ein Objekt in einem bestimmten Raumbereich vorhanden ist, werden die aktuellen Empfangssignale mit den Referenzwerten verglichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erkennung von Objekten in einem zu überwachenden Bereich zu schaffen, das eine sichere Detektion selbst bei großen Schwankungen der Meßwerte für die Position des Objekts gewährleistet.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen. Zweckmäßige Ausführungsformen und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2—7 angegeben.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, daß zur Objekterfassung keine Bewertung von Einzelmessungen durchgeführt werden, sondern entsprechend den Konturen der zu vermessenden Objekte mehrere Positionsmeßwerte zur Detektion der Objekte herangezogen werden. Bei der Definition der Toleranzbänder werden bekannte Informationen über die Geometrie des Objekts verwertet.

Der zu überwachende Bereich wird vom Sendestrahle des Senders vorzugsweise periodisch abgetastet. Zur Auswertung der Positionsmeßwerte gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden zweckmäßigerweise jeweils Positionsmeßwerte innerhalb einer Periodendauer herangezogen. Eine Mitteilung der Positionsmeßwerte über mehrere Periodendauern ist nicht notwendig. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn Objekte erfaßt werden müssen, die sich innerhalb des zu überwachenden Bereichs bewegen.

In der Auswerteeinheit sind Konturen von definierten Objekten, die vorzugsweise als Referenzobjekte ausgebildet sind, abgespeichert. Dabei kann es sich insbesondere um relativ zur Vorrichtung stationär angeordnete Objekte handeln oder um Objekte, die sich entlang einer vorgegebenen Bahn im zu überwachenden Bereich bewegen. Der letztere Fall ist beispielsweise bei Vorrichtungen, die auf spurgeführten Fahrzeugen montiert sind, realisiert. Die Objekte sind dann beispielsweise von Wanelementen oder Wänden gebildet, an denen sich das Fahrzeug vorbeibewegt.

Während der Abtastung des zu überwachenden Bereichs wird der Sendestrahle oder gegebenenfalls mehrere Sendestrahlen verschiedener Sender über den zu überwachenden Bereich geführt. Dabei ist der Sendestrahle entsprechend der Ausdehnung des zu detektierenden Objekts mehrfach auf das Objekt gerichtet. Die dabei am Empfänger registrierten Positionsmeßwerte werden in der Auswerteeinheit mit den Sollwerten für die Kontur des Objekts verglichen. Hierzu wird wenigstens ein Toleranzband definiert, wobei die Breite des Toleranzbandes abhängig von der Streuung der Meßwerte gewählt wird; vorzugsweise liegt die Breite des Toleranzbandes in der Größenordnung der Standardabweichung der Positionsmeßwerte am Rand des zu überwachenden Bereichs, d. h. an der Stelle, die am weitesten von der Vorrichtung entfernt ist.

Ein Objekt mit der genannten Kontur gilt dann als erkannt, wenn eine vorgegebene Mindestanzahl von Positionsmeßwerten innerhalb des Toleranzbandes registriert wird.

Der Vorteil dieses Vorgehens besteht darin, daß zur Bewertung, ob ein Objekt mit der bekannten Kontur vorliegt, nicht einzelne Positionsmeßwerte, sondern mehrere über einen Raumbereich verteilte Positionsmeßwerte herangezogen werden. Würden jeweils ein

zelne Positionsmeßwerte mit vorgegebenen Sollwerten verglichen werden, so könnten durch Meßwertschwankungen verursachte fehlerhafte Einzelmessungen dazu führen, daß ein im Überwachungsbereich befindliches Objekt nicht erkannt wird.

Demgegenüber wird beim erfindungsgemäßen Verfahren lediglich gefordert, daß eine Mindestanzahl von Positionsmeßwerten innerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt. Demzufolge kann das Objekt auch dann erkannt werden, wenn einzelne Meßwerte fehlerhaft sind. Dies bedeutet jedoch nicht, daß die mit diesem Verfahren erzielte Detektionssicherheit geringer ist als bei einer Einzelmessung.

Vielmehr ist die Detektionssicherheit bei geeigneter Wahl des Toleranzbandes und der geforderten Mindestanzahl N der Positionsmeßwerte im Toleranzband beträchtlich größer.

Dies beruht darauf, daß sich die Detektionswahrscheinlichkeit für die Objekterkennung multiplikativ aus den Detektionswahrscheinlichkeiten für die Einzelmessungen zusammensetzt. Demzufolge können bei einer hinreichend großen Anzahl von Meßwerten, die zur Erkennung des Objekts herangezogen werden, sehr geringe Fehlerraten, typischerweise kleiner als 10^{-3} bei der Detektion erreicht werden.

Die Detektionswahrscheinlichkeit kann noch dadurch gesteigert werden, indem die Messung gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens über mehrere Periodendauern wiederholt wird. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn stationäre Objekte in einem Bereich zu erfassen sind.

Vorteilhafterweise können die Positionswerte für die Toleranzbänder und damit auch für die Konturen der Objekte als räumlich und/oder zeitlich veränderliche Größen in der Auswerteeinheit abgespeichert sein. Damit können die entsprechenden Objekte auch an verschiedenen Positionen und bei verschiedenen Orientierungen im zu überwachenden Bereich erkannt werden. Zur orts- und zeitabhängigen Wahl der Konturen werden zweckmäßigerweise die Geometriedaten der Kontur des Objekts in der Auswerteeinheit gespeichert. Der Absolutort und die Orientierung der Kontur dagegen sind von zeit- und ortsabhängigen Variablen gebildet.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht insbesondere darin, daß Objekte, im folgenden Referenzobjekte genannt, deren Konturen in der Auswerteeinheit gespeichert sind, mit einer großen Detektionssicherheit von anderen Objekten, selbst wenn diese dicht vor den Referenzobjekten angeordnet sind, unterschieden werden können.

Dieses Verfahren kann besonders im Bereich des Personenschutzes vorteilhaft eingesetzt werden. Dort besteht oftmals die Aufgabe darin, mittels der Vorrichtung eine dicht vor einer Wand stehende Person sicher zu erkennen. Dieses Problem kann insbesondere mit dem in Anspruch 2 beschriebenen Verfahren gelöst werden.

Die Erfindung wird im nachstehenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Erfassen von Objekten,

Fig. 2 Vorrichtung nach Fig. 1 mit dem von der Vorrichtung überwachten Bereich,

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel für an die Konturen von Referenzobjekten angepaßte Toleranzbänder,

Fig. 4 Häufigkeiten der Meßwerte in den Toleranzbändern gemäß Fig. 3 beim Vermessen einer Wand,

Fig. 5 Häufigkeiten der Meßwerte in den Toleranzbändern gemäß Fig. 3 beim Vermessen eines vor einer

Wand angeordneten Objektes.

In Fig. 1 ist eine Vorrichtung 1 zum Erfassen von Objekten 2 dargestellt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Vorrichtung 1 als einen Sender 3 und einen Empfänger 4 aufweisende optoelektronische Vorrichtung 1 ausgebildet.

Der Sender 3 emittiert einen Sendelichtstrahl 5, der mittels einer Sendeoptik 6 fokussiert wird. Der Sender 3 ist zweckmäßigerweise als Laserdiode ausgebildet. Das fokussierte Sendelicht wird über eine Ablenkvorrichtung 7 abgelenkt. Die Ablenkvorrichtung 7 ist von einem über einen Motor 8 angetriebenen, rotierenden Drehspiegel 9 ausgebildet, der den Sendelichtstrahl 5 entlang des zu überwachenden Bereichs 10 der in diesem Fall die Form einer Ebene aufweist, führt. Durch die Rotation der Ablenkvorrichtung 7 wird der zu überwachende Bereich 10 periodisch abgetastet.

Innerhalb eines Scans, d. h. während einer Umdrehung der Ablenkvorrichtung 7, wird der zu überwachende Bereich 10 einmal vom Sendelichtstrahl 5 vollständig abgetastet.

Der Sendelichtstrahl 5 trifft auf das Zentrum des Drehspiegels 9 und wird vom Drehspiegel 9 auf das Objekt 2 geführt. Die von einem Objekt 2 diffus reflektierten Empfangslichtstrahlen 11 werden vom Randbereich des Drehspiegels 9 über eine Empfangsoptik 12 dem Empfänger 4 zugeführt. Der Empfänger 4 ist vorzugsweise als Fotodiode ausgebildet.

Alternativ zur Ablenkvorrichtung 7 können mehrere jeweils nebeneinander liegend angeordnete Sender 3 und Empfänger 4 zur Überwachung des Bereichs eingesetzt werden. In diesem Fall ist die Vorrichtung 1 zweckmäßigerweise als Lichtgitter ausgebildet.

Zur Bestimmung der Position der Objekte 2 im zu überwachenden Bereich wird mit der Vorrichtung 1 die Distanz des Objekts 2 zur Vorrichtung 1 bestimmt. Die Entfernungsmessung erfolgt zweckmäßigerweise nach dem Phasenmeßprinzip.

Das Sendelicht wird über einen Oszillator 13 mit einer Frequenz f amplitudenmoduliert. Zur Bestimmung der Distanz des Objekts 2 von der Vorrichtung 1 wird die Phasendifferenz zwischen dem Sendelichtstrahl 5 und dem vom Objekt 2 reflektierten Empfangslichtstrahl 11 gemessen und in einen Entfernungswert umgerechnet.

Dem Empfänger 4 ist ein Phasendetektor 14 nachgeschaltet. Dort wird das vom Oszillator 13 zum Sender 3 geführte Sendesignal und das am Ausgang des Empfängers 4 anstehende Empfangssignal in Signale umgesetzt, die die Phasendifferenz zwischen Sende- und Empfangssignal enthalten.

Hierzu werden die Sende- und Empfangssignale auf phaseneempfindliche Gleichrichter 15, 16 geführt. Die Signale an den Ausgängen der phaseneempfindlichen Gleichrichter 15, 16 enthalten jeweils einen Faktor, der die Phasendifferenz enthält, sowie einen Amplitudenfaktor, der ein Maß für die Empfangslichtintensität ist.

Zur Elimination der Amplitudenfaktoren wird das Empfangssignal jeweils einem dem Gleichrichter 15, 16 nachgeschalteten Tiefpaß 17, 18 zugeführt, wobei die Gleichrichter 15, 16 über einen Phasenschieber 19 um $\pi/2$ phasenversetzt sind.

An den Ausgängen der Tiefpässe 17, 18 liegen Signale der Form $A \cdot \sin \Delta\phi$ und $A \cdot \cos \Delta\phi$ an, wobei A der Amplitudenfaktor und $\Delta\phi$ die Phasendifferenz von Sende- und Empfangssignal darstellt. In einer Auswerteeinheit 20, die eine Rechneinheit, vorzugsweise einen Mikrocontroller, aufweist, wird der Quotient $\tan \Delta\phi$ der beiden Signale gebildet, wodurch der Amplitudenfaktor

A eliminiert wird. Anschließend wird aus der Phasendifferenz $\Delta\phi$ der Entfernungswert bei bekannter Modulationsfrequenz f berechnet.

Der Entfernungswert wird zusammen mit einem mittels an der Ablenkvorrichtung 7 angeordneten, in den Zeichnungen nicht dargestellten Winkelgeber ermittelten Winkel, unter dem das Sendelicht ausgesendet wird, in der Auswerteeinheit 20 gespeichert. Dieser Winkel ergibt zusammen mit dem Entfernungswert die Absolutposition des Objekts 2 im zu überwachenden Bereich. Bei einer räumlichen Abtastung wird zusätzlich die Höhenlage des Sendelichtstrahls 5 in die Auswerteeinheit 20 eingelesen und dort abgespeichert.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren für das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel erläutert. Die optoelektronische Vorrichtung 1 ist an die Stirnseite eines Fahrzeugs 21 montiert. Die Breite des Fahrzeugs beträgt b . Das Fahrzeug 21, das vorzugsweise als fahrerloses Transportfahrzeug ausgebildet ist, bewegt sich mit einer Geschwindigkeit v beispielsweise in einer Fabrikhalle.

Zur Vermeidung von Kollisionen wird mittels der optoelektronischen Vorrichtung 1 ein ebener, rechteckförmiger Bereich 10 mit der Breite B und mit der Länge L vor dem Fahrzeug 21 überwacht. Die Breite B ist zweckmäßigerweise an die Fahrzeugbreite angepaßt, da Objekte 2, die neben dem Fahrzeug angeordnet sind, nicht zu Kollisionen führen und daher nicht überwacht werden müssen.

Da jedoch die Meßwerte bei der Detektion von Objekten 2 im Bereich 10 aufgrund systematischer Fehler in der Vorrichtung 1 eine bestimmte Streubreite aufweisen, ist die Breite B des zu überwachenden Bereichs 10 größer als die Fahrzeugbreite b . Dadurch wird erreicht, daß Objekte 2 im überwachenden Bereich 10 auch dann erfaßt werden, wenn die wahre Distanz des Objekts 2 zur Vorrichtung 1 senkrecht zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs 21 kleiner $b/2$ ist, aufgrund von Streuungen der Meßwerte jedoch eine Distanz, die größer als $b/2$ ist, gemessen wird.

Bei der Überwachung des Bereichs 10 vor dem Fahrzeug 21 sollen insbesondere Referenzobjekte 2', die eine bestimmte Kontur aufweisen, von anderen Objekten 2 unterschieden werden.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Referenzobjekte 2' von ebenen Wandelementen oder Wänden gebildet, die sich parallel zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs 21 erstrecken.

Zweckmäßigerweise bilden die Referenzobjekte 2' stationäre Hindernisse, die bei geeigneter Vorgabe der Geschwindigkeit und der Richtung des Fahrzeugs 21 ohne Gefahr von Kollisionen umfahren werden können. Dies ist insbesondere beim Einsatz von spurgeführten fahrerlosen Transportfahrzeugen in Fabrikhallen der Fall. Derartige Referenzobjekte 2' sind von anderen, üblicherweise nicht stationären Objekten 2, die bei Eindringen in den zu überwachenden Bereich 10 mit dem Fahrzeug 21 kollidieren können, zu unterscheiden. Insbesondere können derartige Objekte 2 auch Personen sein, die sich innerhalb des Bereichs 10 bewegen.

Die Positionsmeßwerte der Referenzobjekte 2', die eine bestimmte Kontur aufweisen, sind in der Auswerteeinheit 20 als Sollwerte abgespeichert. Für statische Anwendungen, d. h. für ein stehendes Fahrzeug 21 ($v = 0$) oder bei anderen Anwendungen, wie z. B. der Überwachung des Zugangs von Maschinen, können die Sollwerte an festen Orten im zu überwachenden Bereich 10 vorgegeben sein.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel bestehen die Referenzobjekte 2' mit vorgegebenen Konturen aus Wandelementen, die sich parallel zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs 21 erstrecken. In diesem Fall sind die Position-Meßwerte, die in der Auswerteeinheit 20 gespeichert sind, zeitlich und räumlich veränderliche Größen.

Demzufolge werden die Sollwerte in der Auswerteeinheit 20 als Wandelemente einer bestimmten Länge L_0 und mit einer vorgegebenen Orientierung, nämlich parallel zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs 21 verlaufend, in der Auswerteeinheit 20 gespeichert, wobei Anfangs- und Endpunkt der Wandelemente Variablen sind. Zweckmäßigerweise wird von einer ebenen Oberfläche der Wandelemente ausgegangen, so daß die Kontur der Wandelemente die Form von Geraden der aufweist.

Zur Auswertung der Meßwerte werden die innerhalb eines Scans ermittelten Position-Meßwerte in der Auswerteeinheit 20 abgespeichert. Zur Unterscheidung der Referenzobjekte 2' von anderen Objekten 2 werden in der Auswerteeinheit 20 Toleranzbänder T definiert, deren Form an die Kontur der Referenzobjekte 2' angepaßt ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weisen die Toleranzbänder T die Form von Rechtecken mit einer vorgegebenen Länge l_0 auf. Die Lage des Toleranzbandes T ist zweckmäßigerweise so gewählt, daß in dessen Zentrum das Wandelement angeordnet ist.

Die Breite der Toleranzbänder T entspricht zweckmäßigerweise der Standardabweichung der Position-Meßwerte für die Wandelemente an dem der Vorrichtung 1 gegenüberliegenden Rand des zu überwachenden Bereichs 10.

Das Referenzobjekt 2' gilt als erkannt, wenn eine Mindestanzahl N der Position-Meßwerte innerhalb eines Toleranzbandes T registriert wird. Im einfachsten Fall wird pro Referenzobjekt ein Toleranzband T definiert (Fig. 2). Die Anzahl N der Positionsmeßwerte innerhalb des Toleranzbandes T bestimmt sich aus der Dimension des Toleranzbandes T und der Ortsauflösung der Vorrichtung.

Ein Maßstab für die Ortsauflösung sind die Anzahl der Distanzmessungen pro Winkelsegment. Je mehr Messungen dieser Art durchgeführt werden, desto größer ist die Anzahl der Meßpunkte N_0 , die auf das Wandelement fallen.

Da die Breite des Toleranzbandes T der Standardabweichung der Positionsmeßwerte am Rand des zu überwachenden Bereichs 10 entspricht, fallen für hinreichend große Werte von N_0 ca. 68% der Meßwerte, die auf das Referenzobjekt 2' treffen, in das Toleranzband T . Demzufolge kann ein Referenzobjekt 2' mit hinreichend großer Sicherheit als solches erkannt gelten, wenn beispielsweise mehr als 60% der Meßwerte N_0 für das Referenzobjekt 2' in das Toleranzband T fallen. In diesem Fall beträgt die Mindestanzahl N für die Erkennung eines Referenzobjekts 2' $N = 0,6 N_0$.

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein einzelner Meßpunkt innerhalb des Toleranzbandes liegt, ergibt sich aus dem Verhältnis der Standardabweichungen der Messungen und der Breite des Toleranzbandes. Im vorliegenden Fall beträgt diese Wahrscheinlichkeit $P_1 = 0,68$.

Die Detektionswahrscheinlichkeit für das Wandelement berechnet sich aus der Bernoulli-Gleichung in die die Einzelwahrscheinlichkeiten P_1 eingehen, wobei zur Gesamtwahrscheinlichkeit alle Meßwertkombinationen beitragen, für die wenigstens 60% der Meßwerte in das Toleranzband fallen.

Durch die Vorgabe der Länge l_0 des Toleranzbandes T (Fig. 2) werden Wände oder Wandelemente als solche

erkannt, wenn sie eine Mindestlänge l_0 aufweisen. Falls die Länge l eines Wandelements kleiner als l_0 ist, wird die Mindestanzahl N der Meßwerte nicht erreicht und das Objekt nicht als Wandelement erkannt. Typische Zahlenwerte für o. g. Parameter sind $l_0 = 1$ m und $30 < N < 60$, wobei N von der Lage des Wandelements im Bereich abhängt.

Da beim Einlesen der Positionsmeßwerte in die Auswerteeinheit 20 die Absolutposition des Referenzobjekts 2' unbekannt ist, ist auch bei Beginn der Auswertung die Position des Toleranzbandes T unbekannt. Demzufolge wird das Toleranzband T während der Auswertung innerhalb des gesamten Bereichs 10 mit einer vorgegebenen Schrittweite, die kleiner als die Länge l_0 bzw. Breite des Toleranzbandes T ist, verschoben, bis das Wandelement im Toleranzband zentriert ist.

Dieses Vorgehen ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn in dem zu überwachenden Bereich 10 nur Referenzobjekte 2' mit derselben Kontur überwacht werden müssen und die für die Auswertung zur Verfügung stehende Zeit hinreichend groß ist.

Für den Einsatz der optoelektronischen Vorrichtung 1 im Bereich des Personenschutzes besteht ein Problem oftmals darin, vor einer Wand angeordnete Personen mit einer hohen Detektionssicherheit möglichst schnell zu erkennen. Diese Problemstellung liegt insbesondere dann vor, wenn Fahrzeuge 21 in engen, durch ebene Wände begrenzten Gassen fahren, in die Personen eintreten können. Die Fahrzeuge 21 sind oftmals spurgeführt, so daß diese in engem Abstand die Wände passieren können. Eine vor der Wand angeordnete Person würde von dem Fahrzeug 21 erfaßt werden.

Bei derartigen Applikationen werden wiederum die Konturen der parallel zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs 21 angeordneten Wandelemente als Sollwerte in der Auswerteeinheit 20 gespeichert. Zweckmäßigerweise wird als Referenzobjekt 2' lediglich ein Wandelement mit vorgegebener Länge l_0 in der Auswerteeinheit 20 abgespeichert.

In diesem Fall werden mehrere Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 definiert. Die Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 weisen die Form von Rechtecken auf (Fig. 3).

Zur Auswertung werden die Meßwerte, die innerhalb eines Scans aufgenommen werden, in der Auswerteeinheit 20 gespeichert. Um eine möglichst schnelle Auswertung gewährleisten, werden die Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 nicht über den gesamten Bereich 10 verschoben, sondern sie entspringen an einem definierten Fixpunkt F . Dieser Fixpunkt F wird vom Meßwert, dessen Abstand quer zur Fahrtrichtung am kleinsten ist, gebildet, da er die größte Gefahr einer Kollision darstellt. Da sich die Objekte 2 innerhalb des Bereichs 10 bewegen können, kann die Position des Fixpunktes F für verschiedene Scans unterschiedlich sein.

Da die Orientierung der Referenzobjekte 2' gegeben ist, nämlich parallel zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs verlaufende ebene Wände, werden die Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 in derselben Richtung im Bereich 10 ausgerichtet, wobei wenigstens ein Toleranzband T_1, T_2, T_3 am Fixpunkt entspringt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform sind, wie in Fig. 3 - 5 dargestellt, drei rechteckige Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 vorgesehen, wobei die beiden ersten Toleranzbänder T_1, T_2 aneinanderliegend innerhalb eines dritten Toleranzbandes T_3 liegend angeordnet sind. Das Toleranzband T_3 ragt quer zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs 21 in Richtung des Sendelichtstrahls 5 über die beiden ersten Toleranzbänder T_1, T_2 hinaus, wobei das erste

und dritte Toleranzband T_1, T_3 am Fixpunkt F entspringen.

Die Form der Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 sowie ein von einem Wandelement gebildetes Referenzobjekt 2' sowie ein vor der Wand angeordnetes Objekt 2 sind in Fig. 3 dargestellt.

In dem in Fig. 3 und Fig. 5 dargestellten Fall ist ein Objekt 2 vor dem Wandelement angeordnet, so daß der Fixpunkt F von einem vom Objekt 2 stammenden Positionsmeßwert gebildet ist. Dagegen ist in Fig. 4 lediglich ein Wandelement im zu überwachenden Bereich 10 angeordnet, so daß der Fixpunkt F von dem am nächsten zur Vorrichtung 1 gelegenen, vom Wandelement stammenden Positionsmeßwert gebildet ist.

Die Lage der Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 in Fahrtrichtung des Fahrzeugs 21 wird wie folgt bestimmt. Ausgangspunkt ist die Lage des Fixpunktes F . Zuerst werden die Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 in Richtung der Vorrichtung 1 solange erstreckt, bis keine weiteren Meßwerte mehr in die Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 fallen, d. h. bis das Ende des Wandelements erreicht ist, oder bis die vorgegebene Länge l_0 der Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 erreicht ist. Im ersten Fall werden anschließend die Länge der Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 in der entgegengesetzten Richtung solange vergrößert, bis die Gesamtlänge l_0 erreicht ist.

Die Breite des ersten und zweiten Toleranzbandes T_1, T_2 entspricht im wesentlichen der Standardabweichung der Meßwerte am Rand des zu überwachenden Bereichs 10. Der Überstand des dritten Toleranzbandes T_3 über die beiden ersten Toleranzbänder T_1, T_2 ist von derselben Größenordnung.

Ein Wandelement gilt als erkannt, wenn in das dritte Toleranzband T_3 mindestens N Meßwerte fallen. Die Anzahl N wird zweckmäßigerweise wie bereits oben beschrieben gewählt, nämlich $N = 0,6 N_0$, wobei N_0 der Anzahl der auf das Wandelement auftreffenden Meßpunkte entspricht.

Aus der Anzahl der Meßwerte, die in das erste und zweite Toleranzband T_1, T_2 fallen, wird ein gegebenfalls vor dem Wandelement angeordnetes Objekt 2 vom Wandelement unterschieden. Dabei sind die in Fig. 4 und 5 beschriebenen Fälle zu unterscheiden.

In Fig. 4 ist der Fall dargestellt, daß kein Objekt 2 vor dem Wandelement angeordnet ist. In diesem Fall werden entsprechend der Streuung $\sigma(w)$ der Meßwerte des Wandelements im ersten Toleranzband T_1 bedeutend mehr Meßwerte registriert als im zweiten Toleranzband T_2 .

In Fig. 5 ist der Fall dargestellt, daß ein Objekt 2 vor dem Wandelement angeordnet ist. Die Standardabweichung der Meßwerte für die Wand $\sigma(w)$ ist relativ gering. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn die Wand eine das Sendelicht gut reflektierende, homogene Oberfläche aufweist. Demgegenüber ist die Standardabweichung $\sigma(o)$ des Objekts 2 sehr groß, d. h. die Oberfläche reflektiert das Sendelicht nur zu einem geringen Prozentsatz. In diesem Fall fallen im wesentlichen nur die Meßwerte des Objekts 2, welches bedeutend kleiner als das Wandelement ist, in das erste Toleranzband T_1 .

Dagegen fallen die Meßwerte des Wandelements in das zweite Toleranzband T_2 . Somit ist die Anzahl der Meßwerte im zweiten Toleranzband T_2 erheblich größer als die Anzahl im ersten Toleranzband T_1 .

Demzufolge kann allein aufgrund der Auswertung der Anzahlen der Meßwerte in den Toleranzbändern T_1, T_2 unterschieden werden, ob ein Objekt 2 vor dem Wandelement angeordnet ist.

Zur quantitativen Auswertung werden zweckmäßigerweise folgende Regeln definiert:

1) Wie bereits oben beschrieben, liegt ein Wandelement dann vor, wenn für die Anzahl A_3 der Meßwerte im dritten Toleranzband T_3 gilt

$$A_3 \geq N.$$

Falls diese Regel nicht erfüllt ist, liegt ein vom Wandelement verschiedenes Objekt 2 vor.

Um Einflüsse von Meßwertstreuungen zu vermeiden, kann für die Erkennung derartiger Objekte 2 gefordert werden:

$$A_3 > M,$$

wobei M an die Ausdehnung der Objekte 2 angepaßt ist. Bei der in Fig. 3 dargestellten Geometrie fallen beispielsweise bei der dargestellten Winkelauflösung der Vorrichtung 1 wenigstens zwei Meßpunkte auf das Objekt 2, so daß sinnvollerweise für M der Wert 2 gewählt wird.

2) Wenn die unter 1) aufgeführte Bedingung erfüllt ist, d. h. im dritten Toleranzband T_3 ein Wandelement erkannt wurde, werden zur Unterscheidung des Wandelements von anderen Objekten 2 folgende Regeln definiert:

$$A_1 < F_0 \cdot A_2$$

$$A_1 \geq M.$$

Ein Objekt vor einem Wandelement gilt als erkannt, wenn die Anzahl A_1 der Meßwerte im ersten Toleranzband T_1 kleiner als das Produkt der Anzahl A_2 der Meßwerte im zweiten Toleranzband T_2 und einem Faktor F_0 ist, wobei F_0 zweckmäßigerweise im Bereich $1 \leq F_0 \leq 3$ gewählt wird. Zweckmäßigerweise wird $F_0 = 2$ gewählt, so daß eine deutliche Differenz der Meßwerte in den Toleranzbändern T_1 und T_2 zur Erkennung eines Objekts 2 gefordert wird.

Zudem muß wiederum für die Erkennung des Objekts 2 die Bedingung $A_1 \geq M$ erfüllt sein, damit Fehlmessungen aufgrund von Meßwertstreuungen ausgeschlossen werden können.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß Objekte 2 vor einem Wandelement selbst dann erkannt werden können, wenn, wie in Fig. 5 dargestellt, die Verteilungsfunktionen für die Meßwerte eines Objekts σ (o) und eines Wandelements σ (w) überlappen (Fig. 5).

Dies bedeutet, daß mit einer gemäß den in Fig. 5 dargestellten Verteilungsfunktionen der Streuungen der Meßwerte vorgegebenen Wahrscheinlichkeit bei einer Einzelmessung ein Objekt 2 irrtümlicherweise als im Wandelement oder umgekehrt identifiziert werden kann.

Demgegenüber wird beim erfindungsgemäßen Verfahren durch die Auswertung einer möglichst großen Anzahl von Meßwerten die Detektionssicherheit beträchtlich erhöht.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß durch eine geeignete Wahl der Parameter der Toleranzbänder T_1 , T_2 , T_3 bzw. der in den Regeln verwendeten Parameter die zu erzielende Detektionssicherheit eingestellt werden kann. Wird beispielsweise die Breite eines der Toleranzbänder T_1 , T_2 , T_3 entsprechend der Standardabweichung der Meßwer-

te eines Wandelements gewählt, fallen bei hinreichend großer Anzahl der auf ein Wandelement auftreffenden Meßpunkte ca. 68% aller Meßwerte in das Toleranzband T_1 , T_2 , T_3 . Wird die Breite des Toleranzbandes T_1 , T_2 , T_3 um das Dreifache erhöht, fallen bereits 99% aller Meßwerte in das Toleranzband T_1 , T_2 , T_3 , was die Detektionssicherheit entsprechend erhöht.

Jedoch können insbesondere das erste und zweite Toleranzband T_1 , T_2 nicht beliebig breit gewählt werden. Die Obergrenze ist im wesentlichen durch den minimalen Abstand des Objekts 2 zum Wandelement gegeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen von in einem zu überwachenden Bereich befindlichen oder in diesen Bereich eindringenden Objekten mittels einer Vorrichtung mit wenigstens einem Sender, wenigstens einem Empfänger und einer Auswerteeinheit, wobei ein vom Sender emittierter Sendestrahl innerhalb des Bereichs zur Ermittlung der Positionen der Objekte geführt wird und diese Positionsmeßwerte in der Auswerteeinheit abgespeichert dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung von eine bestimmte Kontur aufweisenden Objekten (2) die Positionsmeßwerte für das entsprechende Objekt (2) mit Sollwerten verglichen werden, die in der Auswerteeinheit (20) aus der Kontur des Objekts (2) bei vorgegebener Position in dem zu überwachenden Bereich (10) berechnet werden, und daß ein die bestimmte Kontur aufweisendes Objekt (2) als erkannt gilt, wenn eine Mindestanzahl N der Positionsmeßwerte innerhalb wenigstens eines Toleranzbandes T um die Sollwerte fällt, wobei die Mindestanzahl N der Positionswerte und die Breite des Toleranzbandes T in der Auswerteeinheit (20) in derselben Größenordnung wie die Streuung der Positionsmeßwerte gewählt wird. Und daß zur Erkennung eines Objektes (2), das im Strahlengang des Sendestrahls (5) vor einem bestimmte Kontur aufweisenden Referenzobjekt (2') angeordnet ist, wobei die Ausdehnung des Objekts (2) kleiner als die Ausdehnung des Referenzobjekts (2') ist,

- der bei Erfassung dieses Objekts (2) bezüglich einer vorgegebenen Raumrichtung am nächsten zur Vorrichtung (1) gelegene Positionsmeßwert als Fixpunkt F definiert wird,
- vom Fixpunkt F zu größeren Distanzen von der Vorrichtung (1) hin Toleranzbänder T_1 , T_2 , T_3 im zu überwachenden Bereich (10) definiert werden, wobei die Formen der Toleranzbänder T_1 , T_2 , T_3 an die Kontur des Referenzobjekts (2') angepaßt sind,
- die Anzahl der Positionsmeßwerte, die in die einzelnen Toleranzbänder T_1 , T_2 , T_3 fallen, in der Auswerteeinheit (20) gespeichert werden,
- das Objekt (2) vor dem Referenzobjekt (2') als erkannt gilt, wenn die Anzahl der Positionsmeßwerte in dem den Fixpunkt (7) aufweisenden Toleranzband T_1 kleiner ist als die Mindestanzahl N für die Erkennung des Referenzobjekts (2'), jedoch größer als eine Mindestanzahl M ist, wobei $M < N$ ist, und wenn die Summe der Positionsmeßwerte in den anderen Toleranzbändern T_2 oder T_3 größer als die Mindestanzahl N für die Erkennung des Referenzobjekts (2') ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Auswerteeinheit (20) gespeicherten Sollwerte der Positionsmeßwerte für die Kontur des Objekts (2) bzw. des Referenzobjekts (2') räumlich und/oder zeitlich veränderlich sind. 5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für einen als ebene Fläche ausgebildeten zu überwachenden Bereich (10) und für ein Referenzobjekt (2'), das als senkrecht zum Bereich (10) stehendes, entlang einer Geraden verlaufendes Wandelement ausgebildet ist, die Toleranzbänder T, T_1, T_2, T_3 die Form von Rechtecken aufweisen, wobei die Längen l_0 der parallel zu dem Wandelement verlaufenden Seiten der Rechtecke an die Längen l des Wandelements angepaßt sind. 10 15

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erkennung eines vor einem Wandelement angeordneten Objekts (2), insbesondere einer Person, drei rechteckige Toleranzbänder T_1, T_2, T_3 vorgesehen sind, wobei die beiden ersten Toleranzbänder T_1, T_2 aneinander angrenzen und innerhalb des dritten Toleranzbandes T_3 angeordnet sind, und wobei das erste und das dritte Toleranzband T_1, T_3 am Fixpunkt F entspringen. 20 25

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wandelement als erkannt gilt, wenn die Anzahl der Positionsmeßwerte A_3 im dritten Toleranzband T_3 größer als die Mindestanzahl N für die Erkennung eines Referenzobjektes (2') ist, und daß bei Erfüllung dieser Bedingung ein vor dem Wandelement angeordnetes Objekt (2) als erkannt gilt, wenn für die Anzahl der Positionsmeßwerte A_1 im ersten Toleranzband T_1 und für die Anzahl der Positionsmeßwerte A_2 im zweiten Toleranzband T_2 folgende Bedingungen erfüllt sind 30 35

$$A_1 < F_0 \cdot A_2$$

$$A_1 \geq M$$

wobei F_0 ein Zahlenfaktor im Bereich $1 \leq F_0 \leq 3$ ist. 40

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, daß die Breiten der Toleranzbänder T, T_1, T_2, T_3 in der Größenordnung der Standardabweichung der Positionsmeßwerte der Objekte (2) am Rand des zu überwachenden Bereichs (10) liegen. 45

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß der zu überwachende Bereich von Sendestrahl periodisch abgetastet wird, und daß die Auswertung der Positionsmeßwerte innerhalb einer Periodendauer erfolgt. 50

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

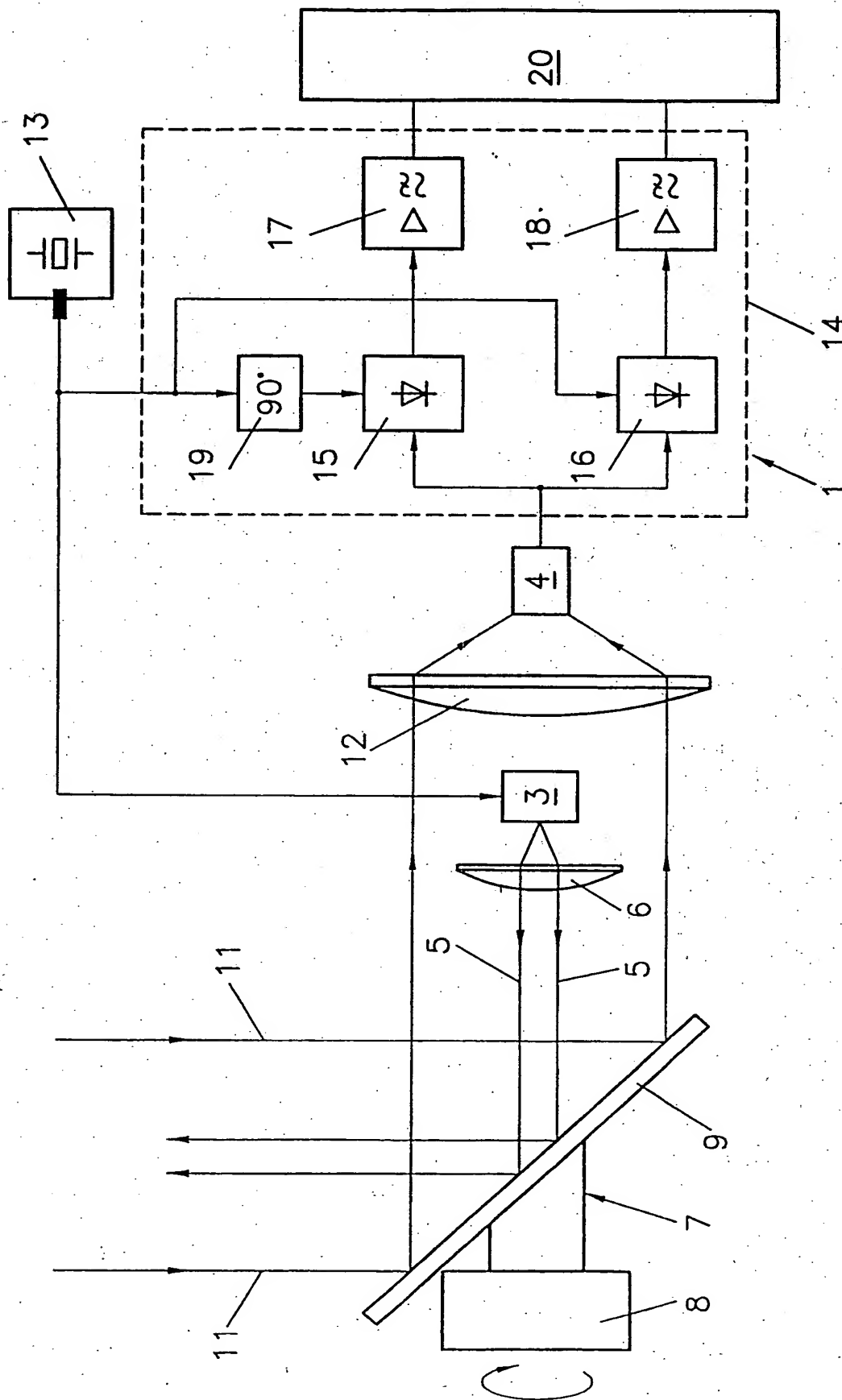


Fig. 1

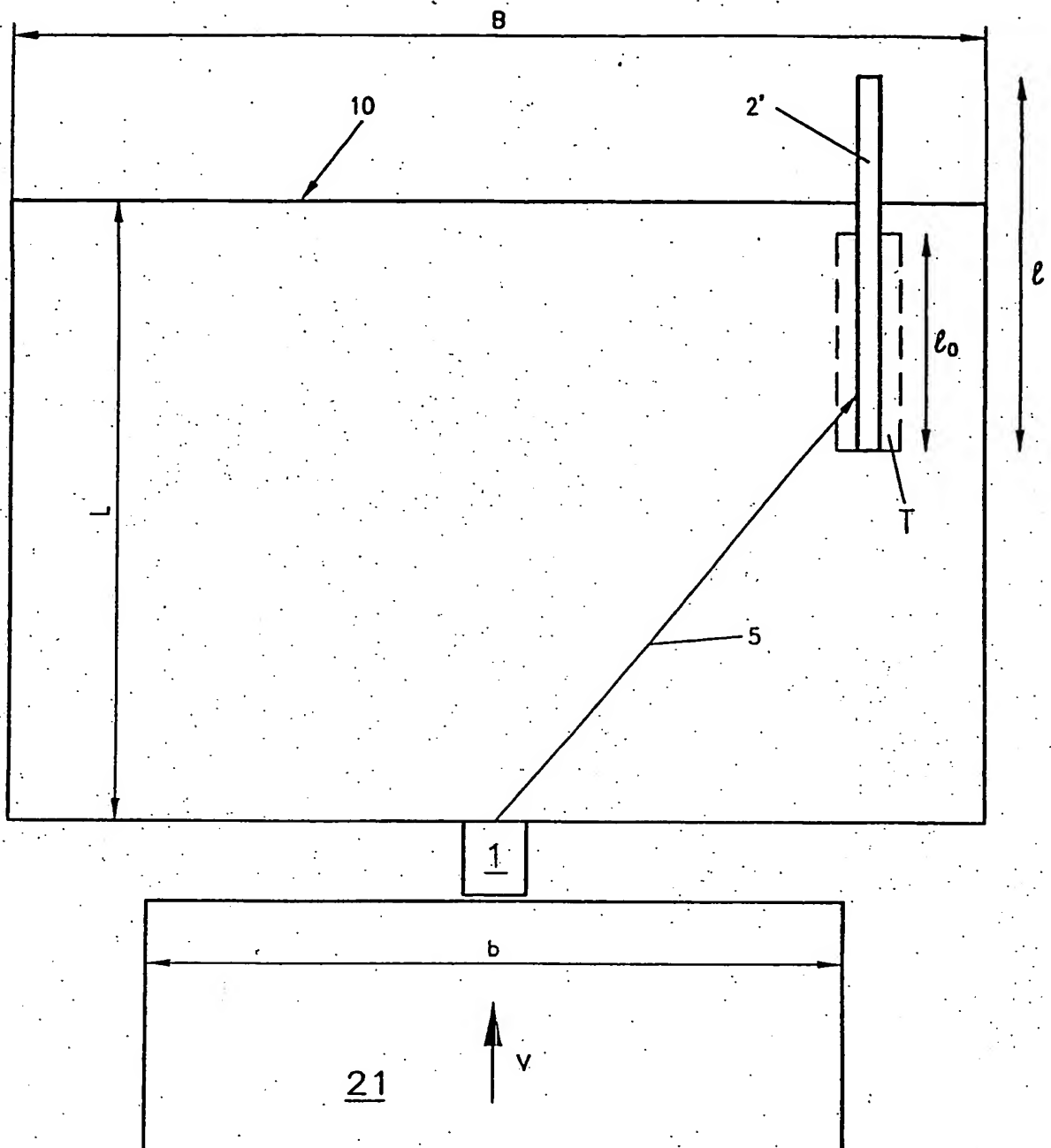


Fig.2

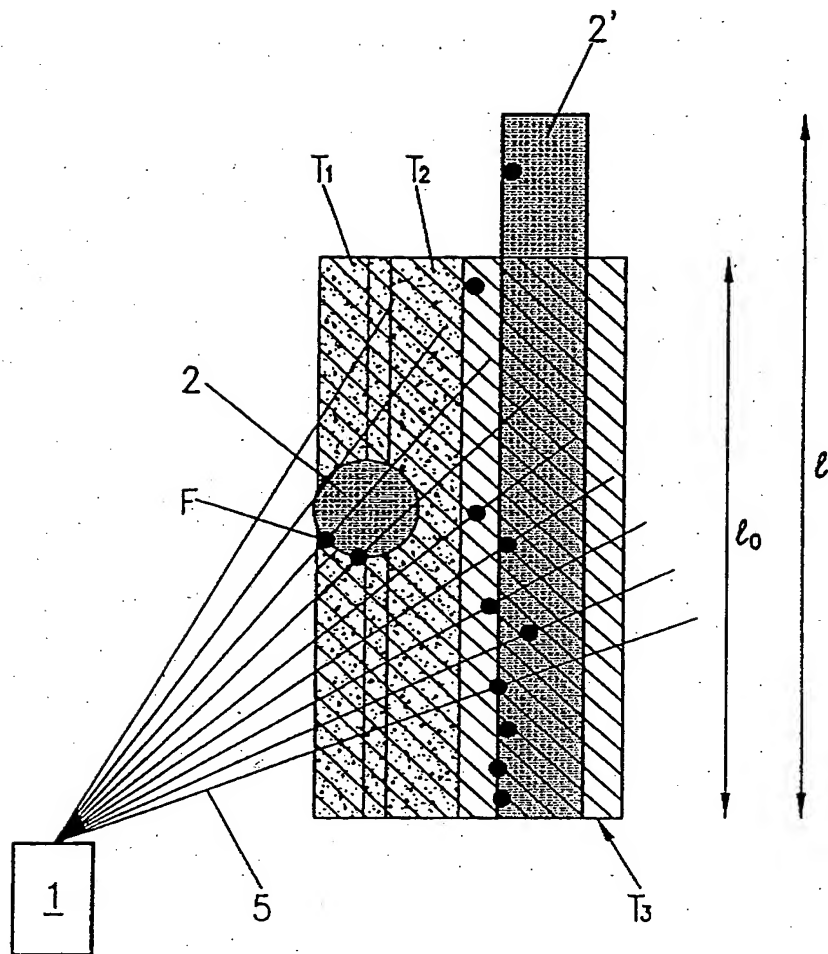


Fig.3

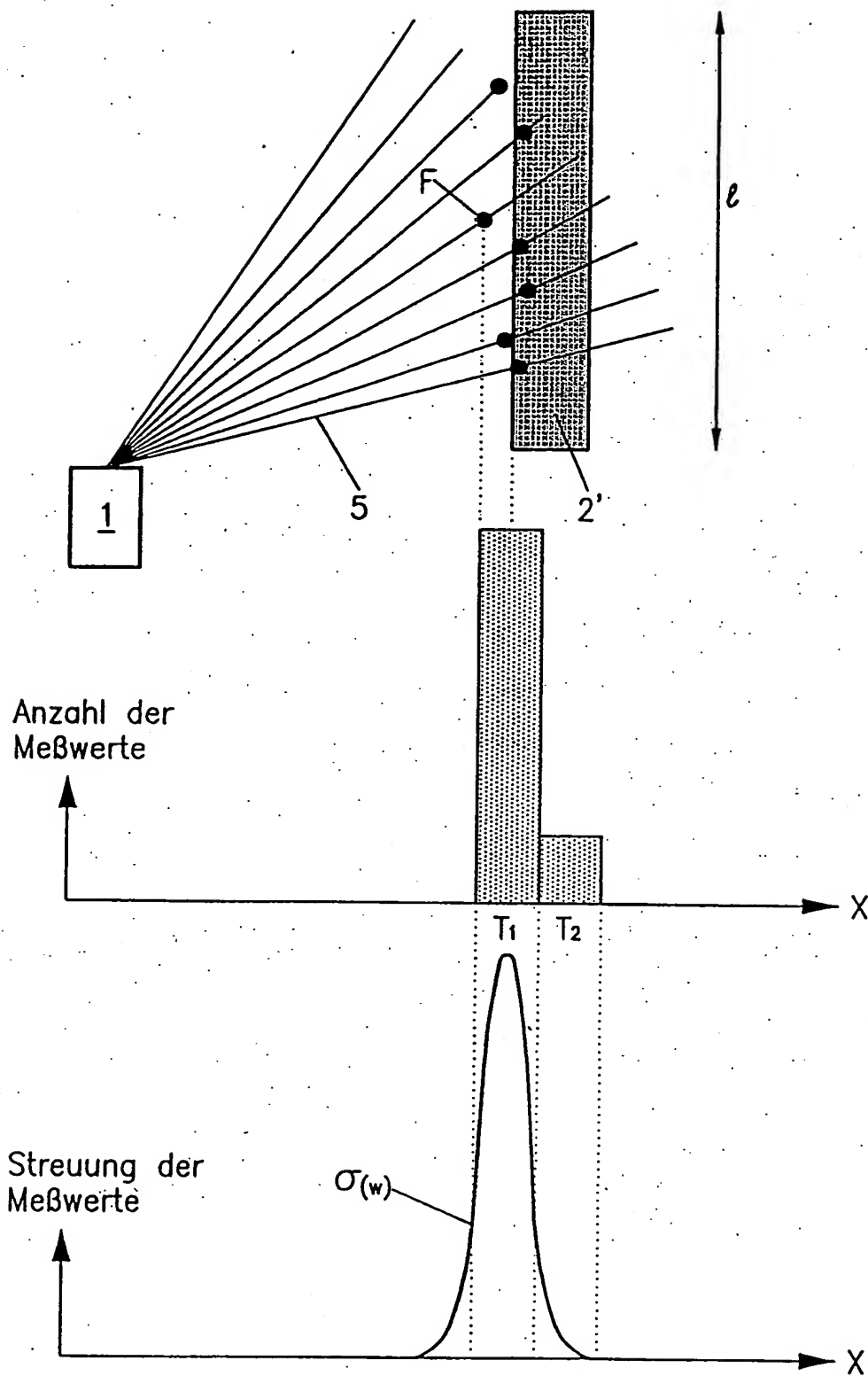


Fig.4

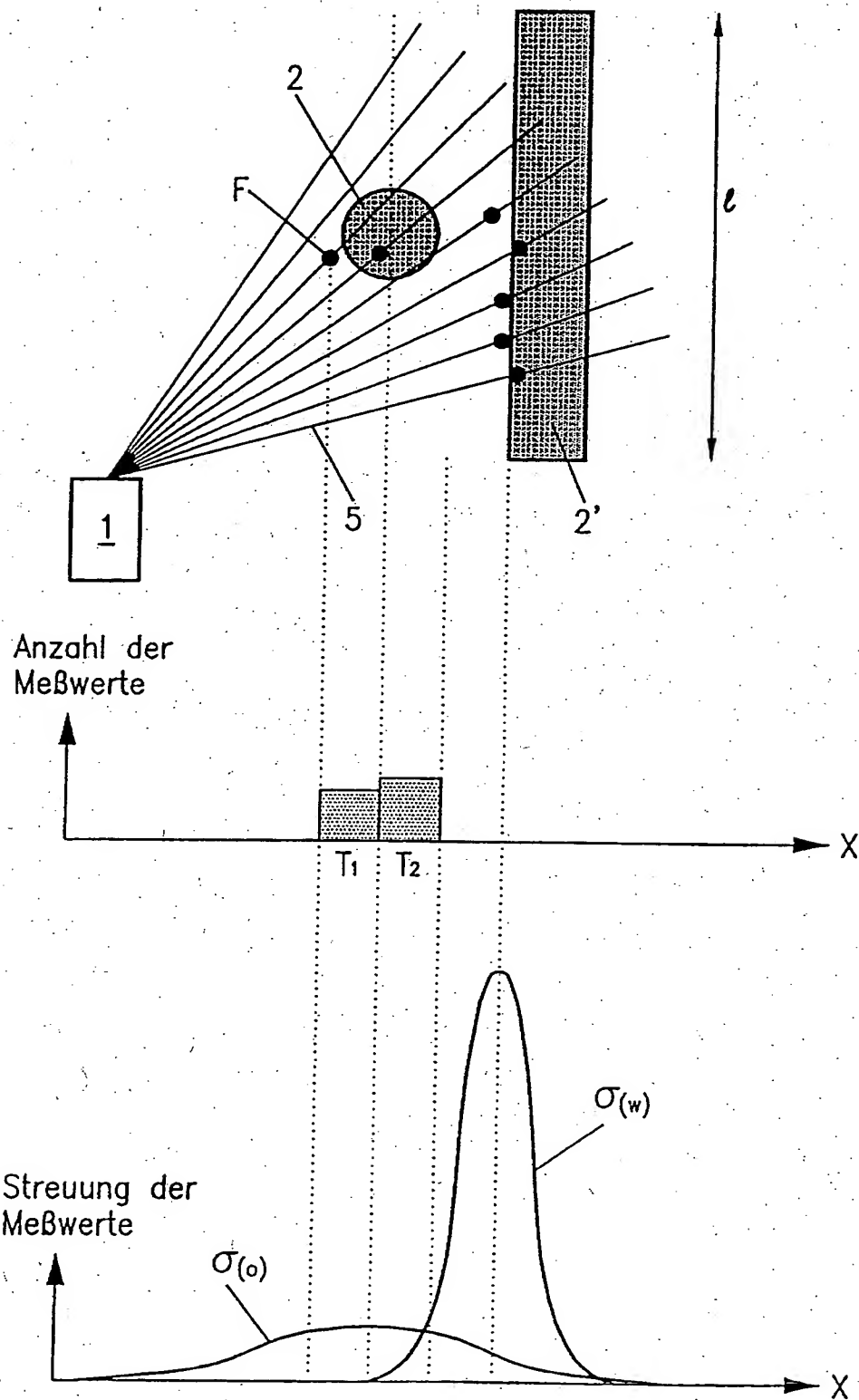


Fig.5